

Jyri Kumpuvaara

NRC-PROTYYPPIAUTON TESTAUSALUSTAN KESKI- JA TAKAOSAN SUUNNITTELU

NRC-PROTYYPPIAUTON TESTAUSALUSTAN KESKI- JA TAKAOSAN SUUNNITTELU

Jyri Kumpuvaara
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Jyri Kumpuvaara
Opinnäytetyön nimi: NRC-prototyypiauton testausalustan keski- ja takaosan suunnittelu
Työn ohjaaja: Timo Väyrynen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017
Sivumäärä: 37 + 0 liitettä

Opinnäytetyössä suunniteltiin keski- ja takaosa NRC-prototyypiauton testausalustaan. NRC-hanke on Oulun ammattikorkeakoulun kehitysprojekti, joka on Ultra-hankkeen osaprojekti. Suunnittelussa otettiin huomioon ainoastaan pyöräntuennan kinematiikka ja runkorakenteeseen kohdistuvat voimat tulevissa laboratoriomittauksissa. Tapio Alasiurua suunnitteli testausalustan eturungon ja käsittelee sitä omassa opinnäytetyössään.

Työn teoriaosuudessa käsiteltiin yleisesti prototyyppointia eli miten prototyypppejä suunnitellaan ja miksi niitä valmistetaan. Teoriaosuudessa käsiteltiin myös ajoneuvoteollisuudessa käytettäviä valmistusmenetelmiä eli minkälaisia kiinteitä hitsausliitoksia käytetään ja minkälaisia purettavia liitostapoja ajoneuvoteollisuudessa on olemassa.

Suunnittelutyön päätyökaluna käytettiin Solidworks-mallinnusohjelmaa. Työn tuloksena saatiin 3D-malli, jonka perusteella valmistettiin erillisenä projektina valmis runkorakenne. Runkorakenne suunniteltiin yksinkertaiseksi putkirungoksi, jotta se olisi edullinen ja mahdollisimman helppo valmistaa. Mallinnus suoritettiin kokoonpanolle, johon oli mallinnettu moottorin ja voimansiirron komponentit ja lisäksi pyöräntuennan kaikki osat.

Työn käsittelyosassa käsiteltiin suunnittelutyön eteneminen runkorakennetta suunniteltaessa. Lisäksi käsitellään projektin aloittamisen lähtökohta, suunnittelun välivaiheet, minkälaiset muutokset runkorakenteeseen tehtiin suunnittelun aikana ja lopullinen suunniteltu runkorakenne. Tuloksena saatiin suunniteltua ja valmistettua runkorakenne Ultra-hankkeelle. Valmista 3D-mallia käytettiin prototyypin valmistuksen pohjana. Tulokset olivat tavoitteiden ja tilaajan toiveiden mukaiset.

Asiasanat: NRC, prototyyppointi, 3D-mallinnus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	6
3 PROTOTYPOINTI	8
3.1 Prototyyppien luokittelu	8
3.2 Prototyyppien käyttö	10
3.3 Prototyyppien suunnittelu	13
4 AJONEUVOTEOLLISUUDEN VALMISTUSMENETELMÄT	16
4.1 Kiinteät liitosmenetelmät	16
4.2 Purettavat liitosmenetelmät	20
5 PROTOTYYPIN SUUNNITTELU	23
6 TULOKSET	31
7 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

NRC eli National Rally Car on Oulun ammattikorkeakoulun kehitysprojekti, jonka tavoitteena on aluksi luoda uudentyyppinen kilpa-autoluokka Suomeen ja kansalliseen sarjaan. Projektin lopullisena tavoitteena on WRC-tasoinen kilpa-auto rallin kansallisiin sarjoihin. (1.)

NRC-hanke muuttui syksyllä 2016 Ultra-hankkeeksi. Hankkeen rahoituksessa ja yhteistyössä on mukana Pohjois-Suomen yrityksiä, koska Ultra-hankkeen tavoitteita on parantaa alueen yhteistyötä. Ultra-hankkeessa suunnitellaan ja toteutetaan nelipyöräinen, nelivetoinen maalla kulkeva, hybridivoimalla toimiva ajoneuvo tutkimus- ja testauskäyttöön. (2.)

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja mallinnetaan NRC-prototyyppiauton keskiosan hallintalaitteille ja takaosan pyöräntuenta- ja voimansiirtojärjestelmille runkorakenne laboratoriomittauksia varten. Työn suunnittelussa otetaan huomioon ainoastaan pyöräntuennan kinematiikan ja voimansiirtojärjestelmän laboratoriomittauksissa vaikuttavat voimat. Valmista prototyyppiä käytetään alustan ja pyöräntuennan simulointiin ja samalla saadaan tärkeää tietoa tulevan NRC-prototyyppiauton kokoonpanon suunnitteluun ja tekemiseen. Suunnittelutyö tehtiin yhdessä Tapio Alasiuruan kanssa ja hänen opinnäytetyössä (3) keskitytään NRC-prototyyppiauton etuosan suunnitteluun.

Työn teoriaosuudessa käsitellään prototypointia eli prototyyppien suunnittelua, luokittelua ja käyttöä. Lisäksi käsitellään yleisiä valmistusmenetelmiä, joita on olemassa ja joita ajoneuvojen valmistuksessa käytetään nykypäivänä ja joita on käytetty kyseisen prototyypin suunnitteluun.

Suunnittelun työkaluina käytetään Solidworks-suunnitteluohjelmaa ja aiemmin suunniteltua kokoonpanoa, johon on jo suunniteltu ja mallinnettu moottorin, pyöräntuennan ja voimansiirron paikat. Suunnittelun rajapintana toimii niin sanottu paloseinä.

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Tarve tämän opinnäytetyön tekemiseen tuli Oulun ammattikorkeakoulun Ultra-hankkeelta. Työssä oli tarve suunnitella runkorakenne aiemmin suunniteltuun Solidworks-kokoonpanoon. Runkorakenteen rakentamisen ideana on saada fyysinen testausalusta omaan laboratorioon, jotta prototyyppiin pystytään testaamaan ja kiinnittämään aiemmin tilattuja komponentteja ja pystytään suorittamaan käytännön testejä, ennen kuin varsinainen Proto 1 saadaan laboratorio-testeihin (4).

Valmista runkorakennetta on tarkoitus testata moottorin, vaihteiston, voimansiirron ja alustageometrian toimivuuden osalta. Runkorakenne suunniteltiin putkirungoksi ja materiaaliksi valittiin teräs (ks. 3).

Vaatimuslista

Aloituspalaverissa käsiteltiin asiakkaan eli Ultra-hankkeen tarpeita siitä, millainen suunniteltava runkorakenne tulisi olla. Materiaaliksi valittiin teräs sen työstettävyyden takia ja etenkin kokoonpanovaiheessa sen liitettävyyden helpouden vuoksi, koska teräksisen kokoonpanon voi hitsaamalla koota. Kuljettajalle piti olla myös paikka, jotta prototyypin moottoria, vaihteistoa ja voimalinjaa voidaan ajaa ja testata alustadynamometrillä.

Runkorakenteen painolle ei ollut vaatimusta, mutta kestävyys takia piti suunnitella runkorakenteesta mahdollisimman luja ja kestävä, jotta prototyyppi liikkuisi omin avuin ja sillä pystyttäisiin tarpeen vaatiessa suorittamaan ajamiseen liittyvä testi. Suunnittelun vaatimuksena olivat valmistettavuuden ja rakenteen yksinkertaisuus. Tämä ajateltiin sen takia tärkeäksi, jotta kaikki osat pystytään tekemään ja kokoamaan koulun omilla laitteilla ja omalla työväellä.

Taulukossa 1 on esitetty vaatimuslista, jonka pohjalta runkorakenteen suunnittelu tehtiin. Aikataulu oli myös tärkeässä roolissa suunnittelun edetessä ja valmis suunnitelma piti olla valmiina tammikuun loppuun mennessä vuonna 2017 ja prototyypin piti olla valmis vuoden 2017 viikolle 10.

TAULUKKO 1. Runkorakenteen vaatimuslista

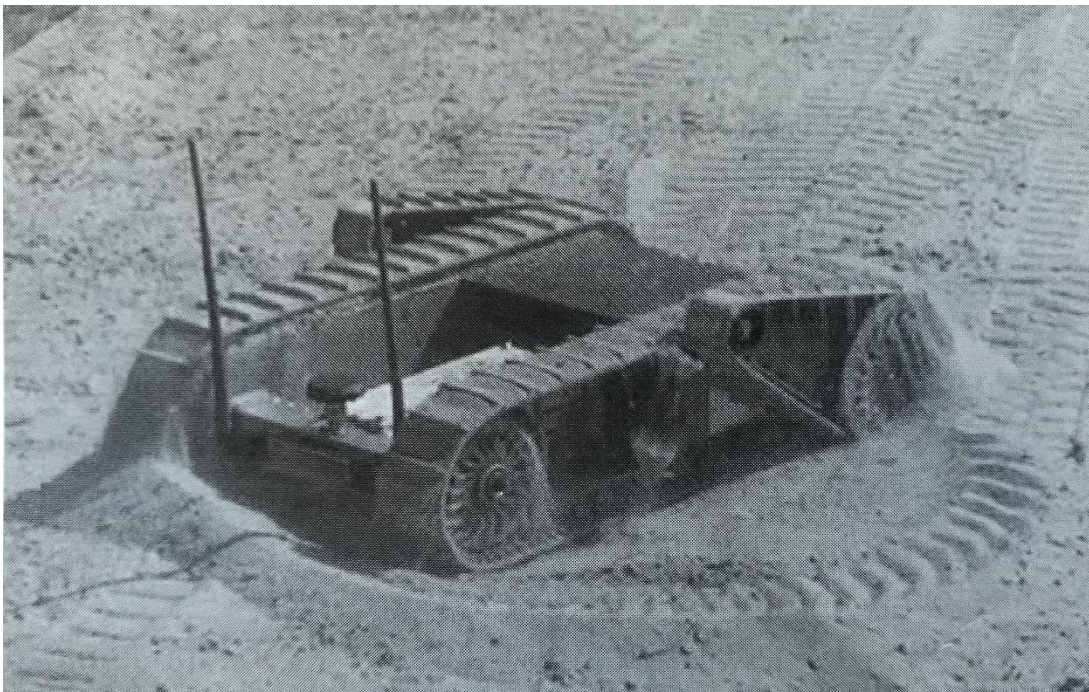
KV, VV, T	Vaatus	Pvm.	Huom.
	1. Valmistettavuus	31.10	
KV	Pitää olla helposti valmistettavissa.		
	2. Mitat		
KV	Valmis prototyyppi vastattava Solidworksin tilamallin kokoista kokoonpanoa.	31.10	
	3. Materiaali		
KV	Teräs / rauta, helpomman valmistuksen vuoksi.	31.10	
	4. Käyttäminen		
VV	Kuljettajalle oltava paikka prototyypissä, jotta prototyypin voimansiirtoa on mahdollista testata.	31.10	
	5. Komponentit		
VV	Runkorakenteeseen saatava kiinni moottori, voimansiirron osat, pyöräntuennan osat ja iskunvaimentajien paikat.	31.10	
	5. Määräajat		
T	Suunnittelu valmis tammikuussa 2017 ja prototyyppi valmis vuonna 2017, viikolla 10.	31.10	

3 PROTOTYPOINTI

Prototyyppi on osa tuotekehitysprosessia. Prototyyppi on sanakirjojen mukaan tunnettu vain substantiivina, mutta tuotekehitysharjoituksissa sana prototyyppi voi olla substantiivi, verbi tai adjektiivi. Tämä riippuu siitä, missä asian yhteydessä sanaa käyttää. Prototypointi on prosessi kehittää arvio uudesta tuotteesta. (3, s. 291.)

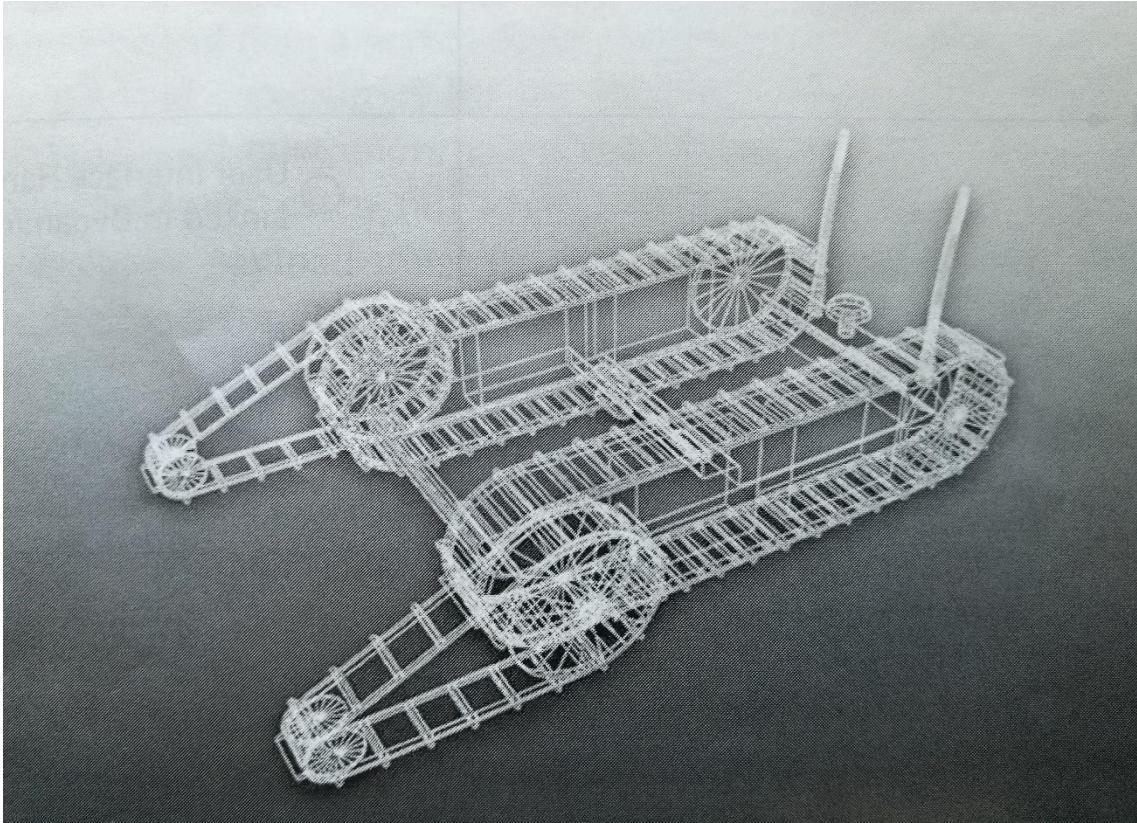
3.1 Prototyyppien luokittelu

Prototyypit voidaan luokitella kahteen eri pääryhmään. Ensimmäiseen pääryhmään kuuluvat fyysiset ja analyttiset prototyypit. Fyysiset prototyypit ovat konkreettisia esineitä, joilla on pyritty lähentymään itse tuotetta. Fyysisten prototyyppien ideana on se, että sitä voidaan testata ja kokeilla, onko sen suunnittelu oikealla tavalla toteutettu. Fyysisiin prototyyppihin luokitellaan myös ne prototyypit, jotka näyttävät ja tuntuvat oikealta tuotteelta. Kuvassa 1 on esitetty kuva fyysisestä prototyyppistä. (3, s. 291.)



KUVA 1. Fyysinen prototyyppi (3, s. 292)

Analyttiset prototyypit ovat enemmän suunnitteluun perustuvia prototyyppejä, joissa mielenkiintoiset näkökannat ovat enemmän analysoitu kuin rakennettu. Analyttisiin prototyyppeihin kuuluvat tietokonesimulaatiot ja kolmiulotteiset tietokoneluonnokset. Kuvassa 2 esitetty kuva analyttisestä prototyypistä. (3, s. 291.)



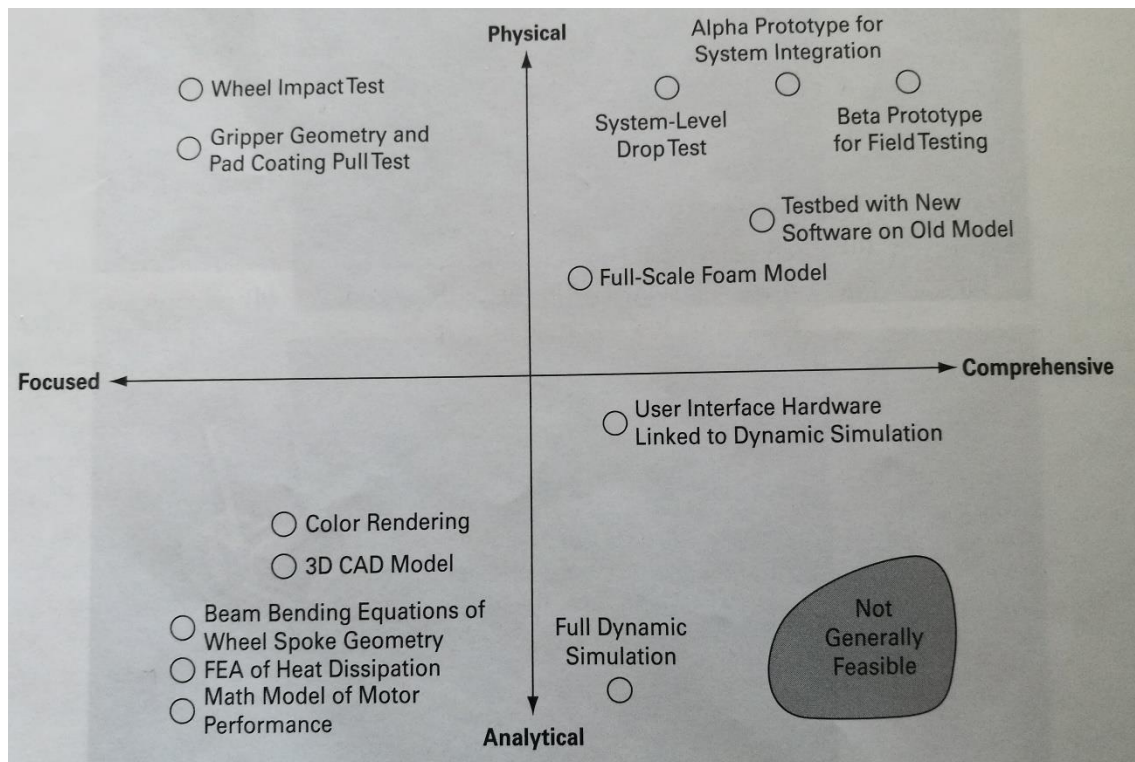
KUVA 2. Analyttinen prototyyppi (3, s. 293)

Toiseen pääryhmään kuuluvat kokonaisvaltaiset ja kohdistetut prototyypit. Kokonaisvaltaiset prototyypit ovat täysikokoisia ja käytettävissä olevia malleja tuotteesta, eli ne muistuttavat eniten tuotantoon tulevaa mallia. Kokonaisvaltainen prototyyppi tarkastutetaan työn tilaajalla, jolloin varmistutaan vielä mahdollisista viimeisistä suunnitteluvirheistä, ennen kuin se laitetaan tuotantoon. (3, s. 291.)

Kohdistettu prototyyppi nimensä mukaisesti keskittyy muutamaan tuotteen ominaisuuteen. Kohdistettuun prototyyppiin liittyvät esimerkiksi vaahtomallit, joilla etsitään oikeanlaista muotoilua tuotteeseen. Yleensä käytetään kahta tai useampaa kohdistettua prototyyppiä, joilla tutkitaan tuotteen kokonaisvaltaista toi-

mivuutta. Toinen näistä prototyypeistä näyttää monesti oikeanlaiselta prototyypiltä ja toinen vastaa toimivuudeltaan oikeanlaista prototyyppiä. Kahdessa erikseen rakennetussa kohdistetussa prototyypissä on etuna se, että siinä voidaan huomata joitakin asioita paljon aiemmin kuin integroidussa kokonaisvaltaisessa prototyypissä. (3, s. 291.)

Kuvassa 3 on kuvattu näiden kahden pääryhmien yhdistäminen koordinaatistoksi. Kuten kuvasta näkee, kohdistettu (Focused) prototyyppi voi olla joko fyysinen (Physical) tai analyyttinen (Analytical) prototyyppi, mutta konkreettisesti valmistetut, kokonaisvaltaiset (Comprehensive) prototyypit ovat yleensä oltava fyysisiä prototyyppisiä. Joskus prototyypit kuitenkin ovat analyyttisten ja fyysisten prototyyppien yhdistelmiä. (3, s. 294.)



KUVA 3. Prototyyppien pääryhmien jakaminen koordinaatistossa (3, s. 294)

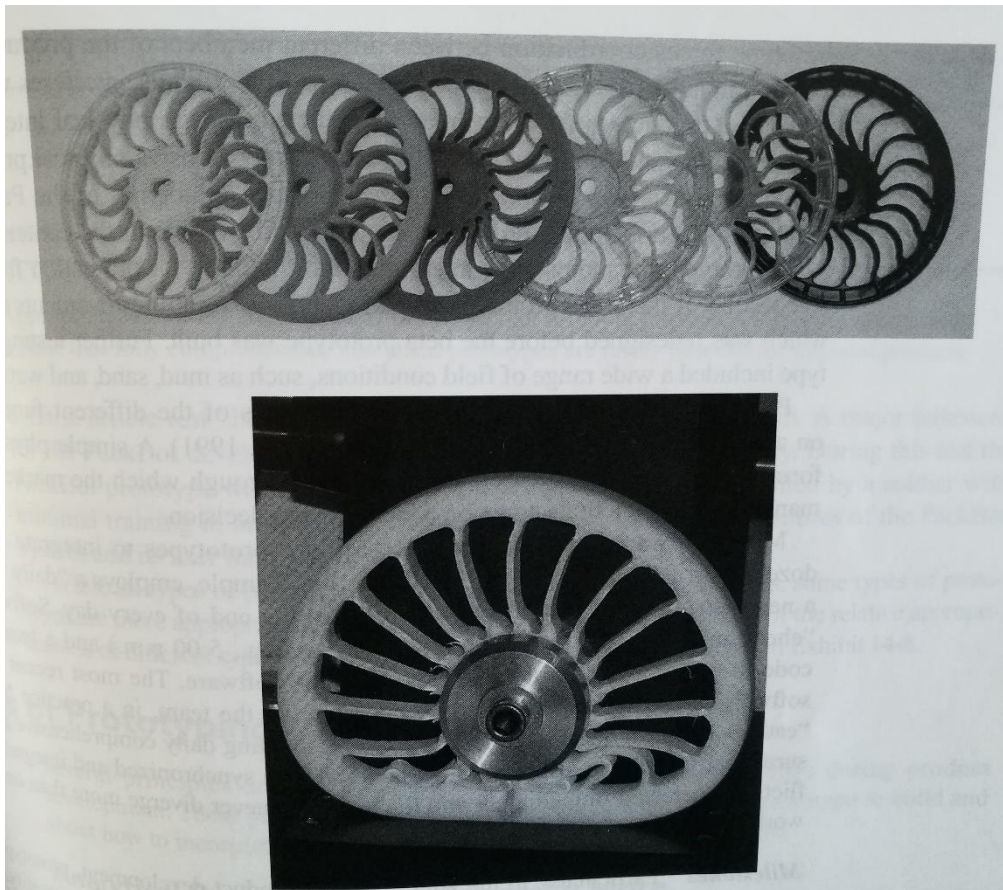
3.2 Prototyyppien käyttö

Tuotekehitysprojekteissa prototyyppisiä valmistetaan ja käytetään neljään tarkoitukseen: oppimiseen, kommunikointiin, integraatioon eli kahden erillisen asian yhdistämiseen ja merkkipaaluihin (Milestones). (3, s. 294.)

Oppiminen

Prototyyppejä käytetään vastaamaan kahteen kysymykseen. Ensimmäinen kysymys esitetään prototyypin toimivuuteen. Toinen kysymys esitetään asiakkaan toiveisiin ja vaatimuksiin prototyypistä. Kun tämän tapaisia kysymyksiä esitetään, prototyypit toimivat oppimistyökaluina, koska näitä kahden kysymyksen asioita voidaan tuotekehityksen alkuvaiheessa miettiä ja testata, onko se mahdollista suunnitellulle prototyypille. (3, s. 294.)

Kuvassa 4 on esitetty oppimiseen liittyviä asioita. Yläkuvassa on useita erilaisista materiaaleista valmistettuja pyöriä ja alakuvassa on otettu yhdestä pyörästä kuva törmäyskokeen jälkeen. Näillä pyörillä on päästy oppimaan, esimerkiksi mistä materiaalista kyseinen pyörä kannattaa valmistaa ja mikä pyörä on läpäissyt törmäyskokeen. (3, s. 294.)



KUVA 4. Ylhäällä on prototyyppejä erilaisista pyöristä ja alhaalla törmäyskokeen jälkeinen kuva yhdestä prototyypistä (3, s. 295)

Kommunikointi

Prototyypit parantavat kommunikointia kaikkien tuotekehitykseen osallistuvien ihmisten välillä. Tämä on osittain totta fyysisessä prototyypissä, koska konkreettinen ja fyysinen esitys prototyypistä on paljon helpompi ymmärrettävä ihmisille kuin pelkkä sanallinen tai johonkin luonnokseen perustuva esitys. Fyysisen esityksen hyötyjä on myös prototyypin fyysisen koon tarkastelu ja prototyypin olemassaolo herättää monesti katselmoinnissa uusia kysymyksiä ja myös mahdollisia parannusideoita. (3, s. 295.)

Integraatio

Prototyyppien tehtävänä on varmistaa, että komponentit ja osajärjestelmät toimivat keskenään niin kuin on odotettu. Kokonaisvaltaiset fyysiset prototyypit ovat kaikkein tehokkaimpia integraation työkaluja tuotekehitysprojekteissa, koska ne vaativat täydellisen kokoonpanon ja fyysisen liittämisen kaikilta osilta ja osakokoonpanoilta toimiakseen oikein yhtenäisenä tuotteena. Jos jokin komponenttiyhdistelmä häiritsee jotakin tuotteen kokonaistoimintoa, ongelma voidaan havaita fyysisellä integroinnilla kokonaisvaltaisessa prototyypissä. Integraatiolla pyritään saamaan mahdollisimman kompakti ja toimiva prototyyppi. (3, s. 295–296.)

Merkkipaalut

Merkkipaaluja käytetään myöhemmissä vaiheissa tuotekehityksessä. Prototyypeillä osoitetaan, että tuote on saavuttanut halutun tason toiminnallisuudessa. Merkkipaaluprototyypit edellyttävät konkreettisia tavoitteita, osoittavat edistystä ja palvelevat aikataulujen tukemista. Ylin johto ja joskus myös asiakas voi vaatia tiettyjä toimintoja prototyypiltä ennen kuin projektin annetaan jatkua. Prototyypin vaiheistus helpottaa projektin aikataulun luomista, pitää prototyypin suunnittelun vauhdissa ja on avuksi esimerkiksi projektin etenemisessä. (3, s. 296–297.)

Kuvassa 5 on esitetty kaikkien neljän eri prototyypin tarkoituksenmukaisuudet eri tarkoituksiin. Prototyyppien luokat ovat kuvassa vasemmalla ja niitä on verrattu yllä oleviin prototyyppien käyttötarkoituksiin. Musta pallo kertoo käyttötarkoituksen sopivuuden ja valkoinen pallo kertoo käyttötarkoituksen epäsopivuuden. (3, s. 297.)

	Learning	Communication	Integration	Milestones
Focused analytical	●	○	○	○
Focused physical	●	●	○	○
Comprehensive physical	●	●	●	●

KUVA 5. Tarkoituksenmukaisuus eri prototyypeillä erilaisiin tarkoituksiin (3, s. 297)

3.3 Prototyyppien suunnittelu

Tuotekehitysprojekteissa on monenlaisia sudenkuoppia. Tähän sudenkuoppaan joutuminen johtuu vääränlaisista ponnisteluista prototyypin valmistuksessa, jotka ovat seurausta vääränlaisesta prototyypin rakentamisesta ja virheiden korjauksesta, jotka eivät palvele koko tuotekehitysprojektin elinkaarta. (3, s. 303.)

Tuotekehityksen sudenkuoppia voidaan välttää, kun projektin alussa laaditaan vaatimuslista, missä määritetään prototyypin tarkoitus, ennen kuin aloitetaan prototyypin rakentaminen ja testaaminen. Seuraavaksi käsitellään nelivaiheinen menetelmä, kun suunnitellaan prototyyppiä tuotekehitysprojektissa. Tämä menetelmä sopii kaikille prototyypeille: fyysisille, analyyttisille, kohdistetuille ja kokonaisvaltaisille prototyypeille. (3, s. 303.)

Kuvassa 6 on esimerkki vaatimuslistasta, joka tehdään, kun tuotekehitysprojekti aloitetaan. Vaatimuslistassa on prototyypin nimi (Name of Prototype), projektin päämäärät (Purposes), tuotearvio (Level of Approximation), testaussuunnitelma (Experimental Plan) ja projektin aikataulu (Schedule).

Name of Prototype	PackBot Wheel Geometry/Impact Test	
Purpose(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Select final wheel spoke geometry and materials based on strength and shock absorption characteristics. • Confirm that wheels absorb shock to withstand impact and protect the PackBot and its payload. 	
Level of Approximation	<ul style="list-style-type: none"> • Correct wheel spoke geometry, materials, and platform load. 	
Experimental Plan	<ul style="list-style-type: none"> • Build 12 test wheels using six different materials, each with two spoke shapes. • Mount the wheels to the test fixture. • Conduct impact tests at a range of drop heights. 	
Schedule	1 August	select wheel designs and materials
	7 August	complete design of test fixture
	14 August	wheels and test fixture constructed
	15 August	assembly completed
	23 August	testing completed
	25 August	analysis of test results completed

KUVA 6. Esimerkki vaatimuslistasta (3, s. 303)

Tarkoituksen määrittäminen prototyypille

Ensimmäisenä käydään läpi kaikki neljä prototyyppien käyttötarkoitusta: oppiminen, kommunikointi, integraatio ja merkkipaalu. Määriteltäessä prototyypin käyttötarkoitusta luetellaan tarpeita, joista ensimmäisenä tulevat oppiminen ja kommunikaatio. Sen jälkeen listataan integraation tarpeet ja onko prototyypin tarkoitus olla yksi suurimmista merkkipaaluista koko tuotekehitysprojektissa. (3, s. 303.)

Arvion asettaminen prototyypille

Prototyypin suunnittelu vaatii määritelmän, milloin lopullinen tuote on valmis. Suunnittelussa tulee ajatella, onko fyysinen prototyyppi tarpeellinen vai riittääkö pelkkä analyttinen prototyyppi täyttämään vaatimukset. Monissa tapauksissa paras prototyyppi on se, jonka tarkoitus on luotu jo aiemmin, kun prototyypin

käyttötarkoitusta on alettu suunnittelemaan. Joissain tapauksissa aiempaa mallia on käytetty testialustana ja se voidaan myöhemmin muokata prototyypin tarkoituksiin. Muissa tapauksissa olemassa oleva prototyyppi tai muuhun tarkoitukseen rakennettu prototyyppi voidaan hyödyntää tuotekehitysprojektissa. (3, s. 304.)

Testaussuunnitelman määrittäminen

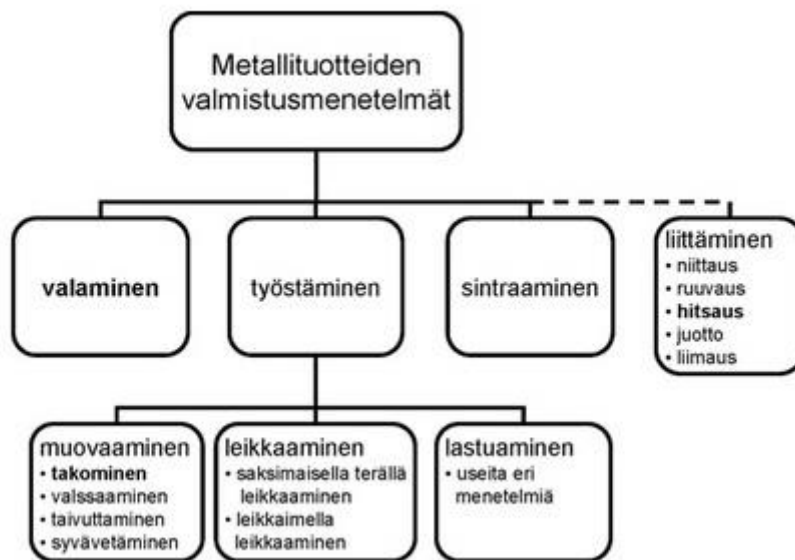
Monesti prototyypin käyttäminen ja testaaminen tuotekehityksessä voidaan ajatella kokeena. Testaussuunnitelma sisältää muuttujien tunnistamisen kokeessa, testiprotokollan, maininnan mitä mittauksia suoritetaan ja suunnitelman miten mitattu data analysoidaan. Kun monet muuttujat on tutkittu, tehokas kokeellinen suunnittelu helpottaa suuresti tätä prosessia. (3, s. 304.)

Aikataulun laatiminen

Koska prototyypin rakentamista ja testaamista voidaan pitää osaprojektina koko tuotekehitysprojektiin, aikataulun laatiminen hyödyttää tuotekehitysprojektin tehostamista. Kolme päivämäärää aikataulun laatimiseen ovat erittäin tärkeitä prototypoinnin edetessä. Ensimmäinen päivämäärä on se, milloin kaikki osat ovat valmiina. Toinen päivämäärä on se, milloin prototyyppi testataan ensimmäisen kerran. Kolmas päivämäärä on se, milloin prototyyppi on kokonaan testattu ja lopulliset tulokset ovat selvillä ja analysoituna. (3, s. 305.)

4 AJONEUVOTEOLLISUUDEN VALMISTUSMENETELMÄT

Metallituotteiden valmistusmenetelmät jakautuvat kuvan 7 mukaisesti. Ajoneuvoteollisuudessa käytetään leikkaamista, sintraamista ja eri liitosmenetelmiä. Ajoneuvoteollisuudessa käytettävät liitosmenetelmät jakautuvat kahteen pääryhmään, kiinteisiin ja purettaviin liitoksiin. Seuraavaksi käydään läpi ajoneuvoteollisuudessa käytettäviä valmistusmenetelmiä.



KUVA 7. Metallituotteiden valmistusmenetelmät (6)

4.1 Kiinteät liitosmenetelmät

Kiinteällä liitoksella tarkoitetaan liitosta, jota ei voi enää purkaa rikkomatta liitosta. Kiinteitä liitostapoja ovat MIG- ja TIG-hitsaus, laserhitsaus, vastushitsaus, liimaaminen, juottaminen, puristaminen ja stanssaaminen. Kiinteitä liitoksia käytetään paikoissa, joita ei ole tarkoitettu purettaviksi tai vaihdettaviksi, tai rakenteissa, jotka vaativat lujuutta, kuten alatukivarret. (7, s. 16.)

MIG-hitsaus

MIG eli suojakaasuhitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleen välissä (8). Hitsisula ja valokaari suojataan hitsausmaahan johdettavalla suojakaasulla (9, s. 297). MIG-hitsaus soveltuu alumiinin, teräksen ja ruostumattoman teräksen hitsaukseen, liitettävään materiaaliin vaikuttavat hitsauksessa käytettävä suojakaasu ja täytelanka.

MIG-hitsauksen suojakaasuna käytetään argonia ja heliumia, jotka ovat inerttejä eli reagoimattomia kaasuja. MAG-hitsauksessa suojakaasuna käytetään joko puhdasta hiilidioksidia tai argonin ja hiilidioksidin muodostamaa kaasuseosta, jotka ovat aktiivisia, eli ne reagoivat sulassa metallissa olevien aineiden kanssa. Pääasiallisesti MIG-hitsaus on ei-rautametallien hitsausta ja MAG-hitsaus on terästen hitsausta. (8.)

TIG-hitsaus

TIG-hitsaus on MIG-hitsauksen tavoin kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa sulamattomasta materiaalista valmistetun volframielektroodin ja työkappaleen välissä suojakaasulla ympäröitynä. Suojakaasuna on yleisesti käytetty argonia, joka on inerttiä kaasua, eli se ei reagoi kemiallisesti minkään kanssa. Samalla suojakaasu suojaa kuumaa elektrodia hapettumiselta. (10.)

TIG-hitsausta voidaan suorittaa ilman lisäainetta tai lisäaineen kanssa. Lisäainehitsauksessa lisäaine syötetään toisella kädellä hitsattavaan kohteeseen, johon se sulaa valokaaren johdosta. TIG-hitsausta voidaan suorittaa myös mekaanisesti, jolloin lisäaine syötetään hitsauskohteeseen koneellisesti. (9, s. 294.)

TIG-hitsaus on soveltuvuudeltaan paras ohuille ainevahvuuksille, joissa hitsausmaaman laatuvaatimukset ovat suuret. Paksuilla ainevahvuuksilla hitsauksen nopeus pienenee huomattavasti, jolloin menetelmä ei ole taloudellinen. TIG-hitsaus soveltuu teräkselle, ruostumattomalle teräkselle, alumiinille, kuparille ja titaanille. (9, s. 297.)

Laserhitsaus

Laserhitsaus sädehitsausmenetelmä, jossa lasersädettä käytetään hitsausenergian siirtämiseen. Menetelmänä laserhitsaus on nopea, tehokas, joustava ja se on helposti automatisoitavissa (11, s. 270). Laserhitsauksessa hitsauksessa tarvittava lämpö syntyy lasersäteen avulla, ja ylimääräistä lisäainetta laserhitsauksessa ei tarvita ollenkaan. Hitsaus voidaan suorittaa joko sulattavalla tai lävistävällä menetelmällä. Lasersäde voidaan suunnata peilien avulla haluttuihin kohteisiin (9, s. 316). Laserhitsauksen laitteistot ovat kalliita ja siksi se ei ole yleinen hitsausmuoto johtuen kustannuksista.

Vastushitsaus

Vastushitsaus on puristushitsausmenetelmä, jossa lämpö syntyy sähkövirran ja liitoskohdan suuren vastuksen avulla. Vastushitsausmenetelmät voidaan jakaa kahteen hitsausmenetelmään. Ensimmäinen hitsausmenetelmä on päittäisliitos, joita ovat leimu- ja tyssähitsaus. Toinen hitsausmenetelmä on limiliitos, joihin kuuluvat piste-, käsnä- ja kiekkohitsaus. (9, s. 311.)

Ajoneuvoteollisuudessa yleisin liitostapa vastuspistehitsaus. Vastuspistehitsauksessa hitsattavien osien vastinpinnat kuumennetaan sähkövirran avulla suulaan tilaan ja kappaleet puristetaan toisiinsa kiinni painetta käyttäen. Hitsausvirta tuodaan kohteeseen hitsauselektrodeilla, joita puristetaan samanaikaisesti liitettäviä pintoja vasten (12, s. 355). Menetelmä sopii myös sinkkipinnoitetulle teräkselle, jolloin se ei vaurioita teräksen sinkkipinnoitetta.

Liimaus

Liimausta voidaan käyttää metallien, kuin myös muidenkin materiaalien liittämiseen. Liimaus tapahtuu puristuksen avulla käyttämällä orgaanisia tai epäorgaanisia liimoja huoneen lämpötilassa tai kohotetussa lämpötilassa. Liitos perustuu kemialliseen reaktioon ja vastinpintojen adheesioon eli kahden eri aineen väliin vetovoimaan. Liimat voidaan jakaa yksi- ja kaksikomponenttiliimoihin. Yksikomponenttiliimat sisältävät kaikki kovettumiseen vaikuttavat ainesosat. Kaksikomponenttiliimat tarvitsevat toisen liiman, jolla liiman kovettuminen saadaan aikaiseksi. (12, s. 358.)

Liimaus on erittäin yleinen toimenpide ajoneuvoteollisuudessa. Metalleja liimattaessa liiman lämpölaajenemiskerroin valitaan lähelle liimattavien materiaalien lämpölaajenemiskerrointa, koska liima käyttäytyy lähelle metallia ja liimauksen kestoikä kasvaa pidemmäksi (9, s. 328). Tärkeimpiä metalliliimoja ovat epoksi-, polyesteri- ja akryylihartsit, ja vinyyliasetaatti. Metalliliimaus ja vastushitsaus voidaan yhdistää hitsausliimaukseksi, siinä liimaus estää hitsauspisteiden välisen sauman muodonmuutoksia tasaamalla ja pienentämällä hitsaussauman jännityksiä. Liimauksen käyttökohteita ovat muun muassa korikehikon saumojen tiivistys, vaimennusmateriaalien kiinnittäminen esimerkiksi ovien sisäpuolelle, jarrupintojen liimaaminen ja kumi-metalliliimaaminen. (12, s. 358.)

Juottaminen

Juottaminen on erilainen liittämistapa, koska siinä juotosaineen sulamislämpötila on pienempi kuin liitettävien perusaineiden. Perusaineita ei sulateta juotoksessa, vaan kuumennetaan juotteen työlämpötilaan. Juotteen työlämpötilalla tarkoitetaan alinta lämpötilaa, johon liitettävät perusaineet on kuumennettava, jotta juote pystyisi sitomaan ja liittämään ne. Menetelmä vaatii juoksutetta ja ehkä myös suojakaasua. Juoksutteen tehtävä on estää liitospintojen hapettuminen ja kuumien pintojen suojaaminen uusien oksidien synnyltä. Juotosmenetelmät voidaan jakaa työlämpötilan mukaan pehmyt- ja kovajuottoihin. (12, s. 357.)

Puristaminen

Puristaminen on mekaaninen liittämistapahtuma, jossa leikkaaminen, lävistäminen ja kylmätyssäys seuraavat toisiaan saumattomana liitosprosessina ilman, että liitokseen tuodaan lämpöä. Puristusliitoksella voidaan liittää samaa tai eri materiaalia olevat kappaleet keskenään yhteen. Puristusliitoksen etuihin kuuluvat muun muassa kappaleen korroosiosuojauksen säilyvyys pistepuristuksessa ja energiaystävällisyys, koska kappale ei vaadi erikseen lämmitystä tai jäähdytystä. Puristusliitoksen haittoihin kuuluu muun muassa se, että liitosta ei voi tehdä kovin paksuille ainevahvuuksille ja lävistyspuristuksessa korroosiosuojaus osittain menetetään, materiaalin läpäisemisestä johtuen. (12, s. 360.)

Stanssaaminen

Stanssaaminen kuuluu niittausmenetelmiin, mutta se poikkeaa niittaamisesta siinä, että kiinnitys tapahtuu yhdistetyllä niittausleikkauksella umpi- tai puoliontoilla niiteillä ilman esiporausta. Niitit ovat kovempaa ainetta kuin liitettävät materiaalit. Tavallisia niittejä ovat teräs, jaloteräs, kupari ja alumiini, erilaisilla pinnoitteilla. Stanssaamisen hyviin puoliin kuuluu se, että sillä voidaan liittää samaa tai eri materiaalia, eripaksuisia ja eriluuksia olevia kappaleita yhteen. Ainoa haitta stanssaamisessa on suurien voimien tarve, kun kappaleita liitetään yhteen. (12, s. 360–361.)

4.2 Purettavat liitosmenetelmät

Purettavalla liitoksella tarkoitetaan liitosta, joka on mahdollista purkaa liitoksen tekemisen jälkeen. Purettavia liitostapoja ovat kitka-, niitti-, pultti- ja ruuviliitos. Purettavat liitokset ovat yleisiä komponenteissa, jotka on tarkoitettu vaihdettaviksi. Tällaisia osia ovat esimerkiksi puskurit, lokasuojat ja ovet. Purettavia liitoksia ei tehdä kantaviin runkorakenteisiin, jotka johtavat voimia ajoneuvon eri osiin. (7, s. 18.)

Kitkaliitos

Kitkaliitos perustuu nimensä mukaisesti toisiinsa liitettävien osien väliseen kitkaan. Yleisin kitkaliitos on akselille asennettava laakeri, hammaspyörä tai kytkin. Kitkaliitoksen avulla liike pyörältä siirretään akselille tai päinvastoin. Kitkaliitoksen etuja on esimerkiksi se, että osat ovat saman keskeisiä ja ettei liitettäviin osiin tarvitse tehdä reikiä tai uria. Kitkaliitoksen haitta on se, että liitoksen kuumentaminen ei ole aina mahdollista, jos puretaan liitosta. Kitkaliitokset on jaettu kahteen pääryhmään, puristus- ja kutistusliitoksiksi. Nimitys riippuu siitä, kuinka lujasta liitoksesta on kyse. (13, s. 67.)

Niittiliitos

Niittaamalla voidaan liittää erilaisista materiaaleista valmistettuja kappaleita kiinteästi toisiinsa. Niittauksen suoritustavan ja liitoksen konstruktiivisen rakenteen mukaan niittiliitokset voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään. Ensimmäistä ryhmää sanotaan kiinteiksi liitoksiksi, esimerkiksi voimaliitokset yleisesti koneenrakennuksessa. Toista ryhmää sanotaan kiinteiksi ja tiiviiksi liitoksiksi, esimerkiksi

painesäiliö. Kolmatta ryhmää sanotaan erityisen tiiviiksi liitoksiksi, esimerkiksi putkiliitokset. (12, s. 358.)

Niittaaminen on vähentynyt painesäiliöiden tekemisessä, kuten myös koneenrakennuksessa, koska hitsaus on yleistynyt ja kehittynyt juuri näillä osa-alueilla (12, s. 358). Niitti on erillinen liitososa, joka asennetaan liitososiin tehtyihin reikiin ja puristetaan niittaustyökalulla kappaleet toisiinsa kiinni. Rasitus liitoskohdissa välittyy kitkan avulla ja niitin varteen on saatava liitososia yhteen puristava voima sen takia (9, s. 330). Niittauksen etuihin kuuluu se, että siinä ei tule lämpöjännityksiä, eikä myöskään siinä ole kovettumisaikaa, kuten liimauksessa. Liitoksen purettavuus on myös etu, koska siinä ei tarvitse särkeä liitosta, toisinkuin esimerkiksi hitsauksessa. Haittoja niittauksessa on muun muassa se, että se heikentää rakenneosia ja se on monesti kallista ja aikaa vievää verrattuna hitaamiseen. (12, s. 359.)

Ruuviliitos

Ruuviliitoksilla on kaksi pääryhmää, jotka ovat liikeruuvit ja kiinnitysruuvit. Liikeruuveja ei varsinaisesti käytetä ruuviliitoksissa, vaan niiden tehtävä on siirtää koneen eri osia toisiinsa nähden, esimerkiksi ruvipuristin. Kiinnitysruuveja käytetään liittämään koneenosia toisiinsa kiinni (13, s. 43–44). Ruuviliitos on yleisin purettava liitosmenetelmä. Ruuvien kierteet ja osat ovat todella kattavasti standardoitu (13, s. 48–52).

Ruuviliitos vaatii monesti esiporauksen ennen kuin liitos voidaan toteuttaa, riippuen materiaalista ja ruuvista. Itseporautuvat ruuvit (14) eivät tarvitse esireikää, koska ruuvi poraa reiän kappaleeseen ja kiristyy mennessä kappaleeseen kiinni, liittäen materiaalit yhteen. Ruuviliitoksessa on monesti vastakappale, esimerkiksi mutteri, jota vasten ruuvi kiristyy liittäen yhdistettävät kappaleet toisiinsa kiinni (13, s. 54). Ruuviliitoksella voidaan liittää erilaisia materiaaleja keskenään yhteen. Ajoneuvoissa ruuvit ovat sinkkipinnoitteisia, etenkin korin ulkopuolella, korroosion estämiseksi. Ruuvien vastakappale voi olla kierteitetty reikä tai ajoneuvon runkoon hitsattu mutteri.

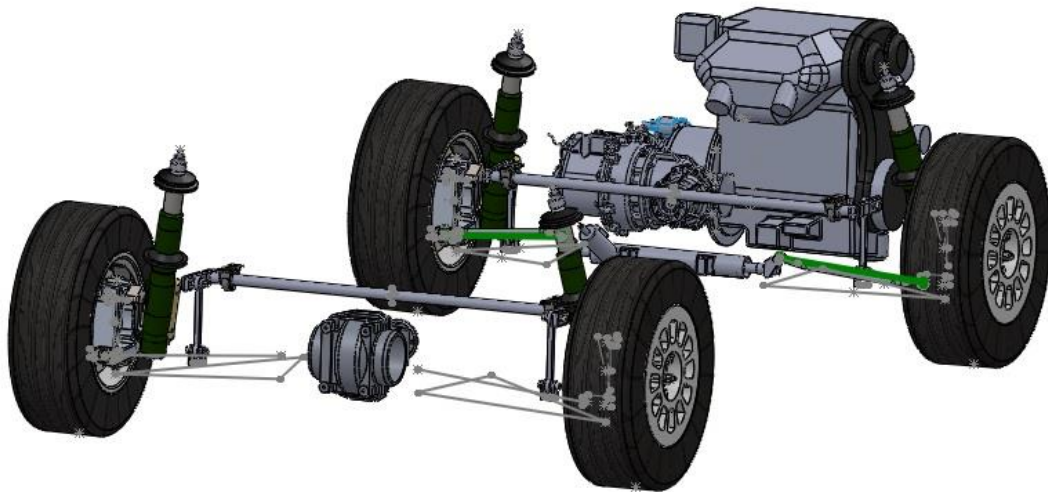
Ruuviliitosta ei käytetä paikoissa, missä niitä joudutaan paljon irrottamaan, koska vastakappale kuluu ja jos liitokseen on kertynyt korroosiota, se yleensä

tuhoaa vastakappaleen kierteen niin, että siihen ei voi laittaa enää uutta ruuvia. Ruuviliitoksia käytetään yleensä sellaisissa kohteissa, mihin ei kohdistu isoja rasituksia. (9, s. 329.)

Ruuviliitoksen etuja on liitoksen helppo purettavuus ja liitoksen joustavuus. Raskaan kaluston runkorakenne on monesti toteutettu ruuviliitoksilla, koska rasitukset rungolle ovat kovat ja ruuviliitos joustaa enemmän kuin kiinteä, hitsattu liitos. Ruuviliitokset toimivat sulakkeina raskaan kaluston puolella, koska ruuvi suunnitellaan hajoamaan ennen kuin liitoskappaleille tapahtuu mitään pysyviä muodonmuutoksia.

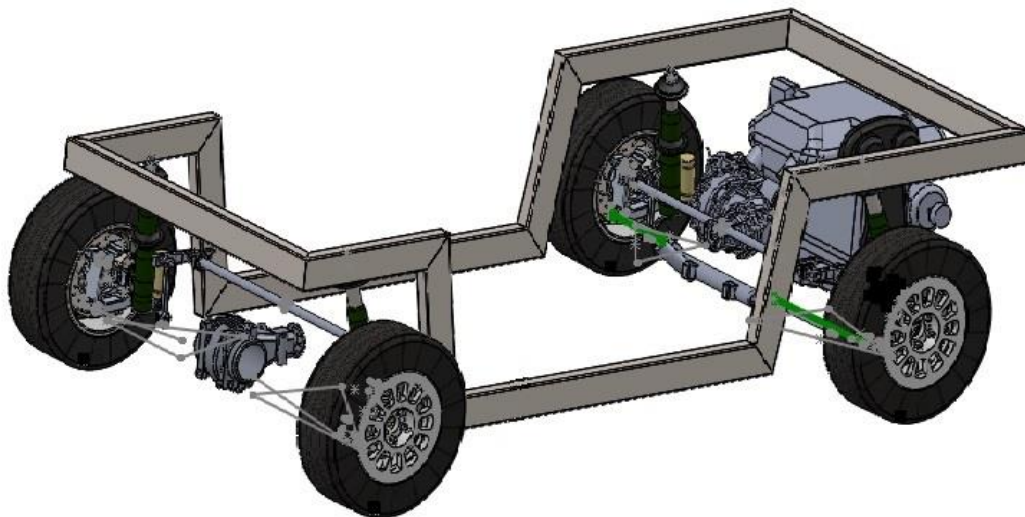
5 PROTOTYYPIN SUUNNITTELU

Prototyypin suunnittelu aloitettiin valmiille 3D-kokoonpanomallille, johon oli mallinnettu moottori, voimansiirto, vetopyörästä, pyöräntuenta, kallistuksenvakaajat, ohjausvaihte ja raidetangot. Tukivarsia ei oltu vielä mallinnettu, mutta niiden kiinnityspisteet olivat määritetty valmiiksi. Ensimmäiseksi hahmoteltiin yhdessä Tapio Alasiuruan (3) kanssa päärunko kyseiseen kokoonpanoon. Kuvassa 8 on suunnittelun lähtötilanne.



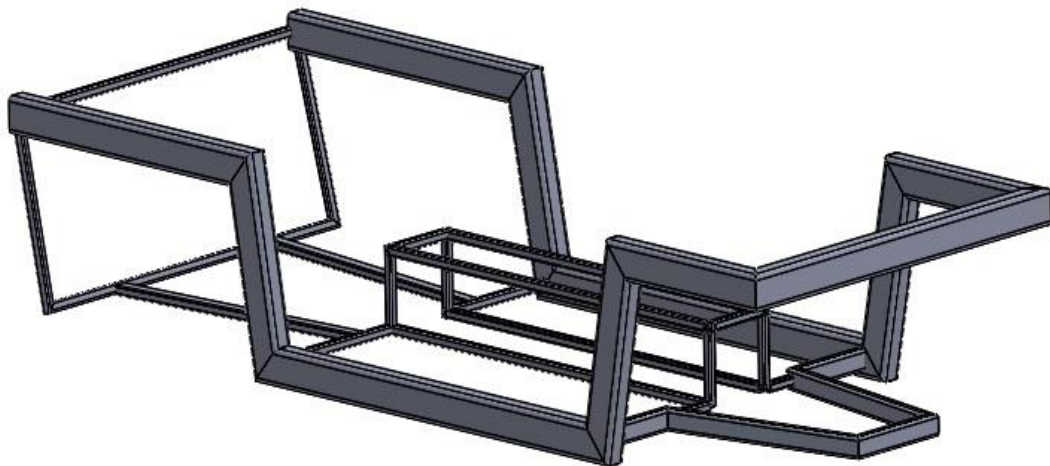
KUVA 8. Suunnittelun lähtötilanne

Päärunkoa suunniteltaessa päätettiin tehdä runkorakenne lähelle iskunvaimentajien yläpäitä, koska sinne kohdistuu suuria voimia ja rasituksia, varsinkin tulevaisuudessa laboratoriotesteissä. Samalla päädyttiin kehtomaiseen ulkomuotoon rungolle, jotta renkaiden liikeradat olisivat halutut kaikissa tilanteissa ja ajatuksena oli myös saada yksinkertainen ja helppovalmisteinen runkorakenne. Kaikkien runkorakenteen putkipalkkien materiaaliksi valittiin s355-rakenneteräs (ks. 3). Kuvassa 9 on esitetty ensimmäinen versio rungosta liitettynä kokoonpanoon.



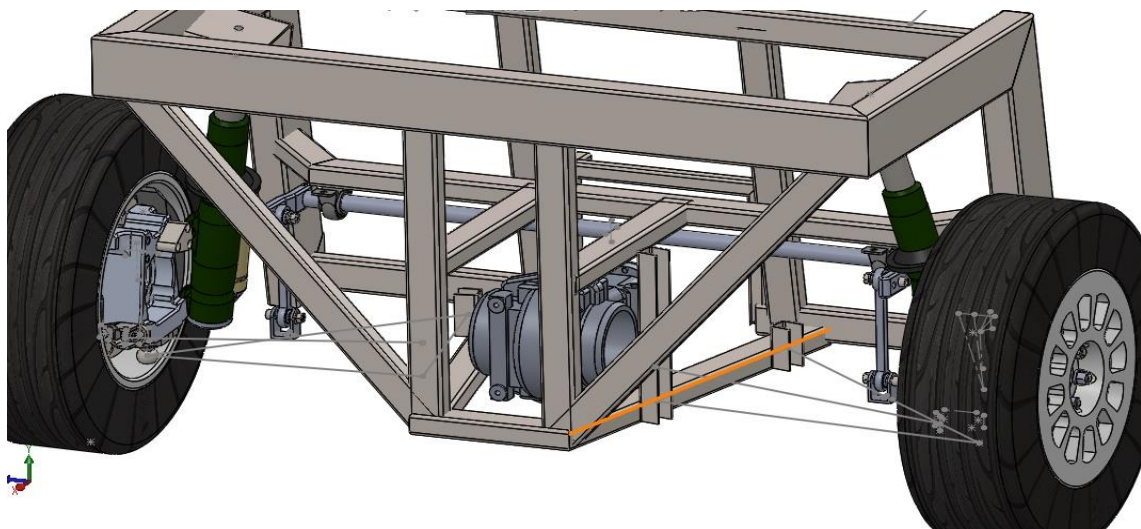
KUVA 9. Päärunko mallinnettuna kokoonpanoon

Päärungon ollessa valmis suunnittelutyö keskittyi keski- ja takaosaan. Seuraavaksi suunniteltiin keskiosan kardaanitunnelille, takaosan pyöräntuennalle ja vetopyörästölle putkipalkkeja. Tämän teki haasteelliseksi se, että takapään raide-tangon ja taaemman tukivarren kiinnityspiste tuli lähelle vetopyörästön vetoakselilinjaa. Takaosan runkorakenteen putkipalkeiksi valittiin 60x40x3:n kokoinen suorakaiteen muotoinen putkipalkki. Katselmoinnissa käsiteltiin suunnittelun edistyminen Tapio Alasiuruan, laboratorioinsinööri Janne Ilomäen ja työn ohjaajan Timo Väyrysen kanssa. Katselmoinnissa saatiin tieto, että moottori ja voimansiirto siirtyvät 60 mm eteenpäin. Samalla moottorin korkeus nousi ylöspäin 60 mm. Uutena asiana katselmoinnissa tuli kokoonpanoon suunnitellut kallistuksenvakaajat, jotka KTO14SN3-luokkalaiset olivat tehneet omalla tuotekehityskurssillaan. Kuvassa 10 on ensimmäisen katselmoinnin jälkeinen runkorakenne.



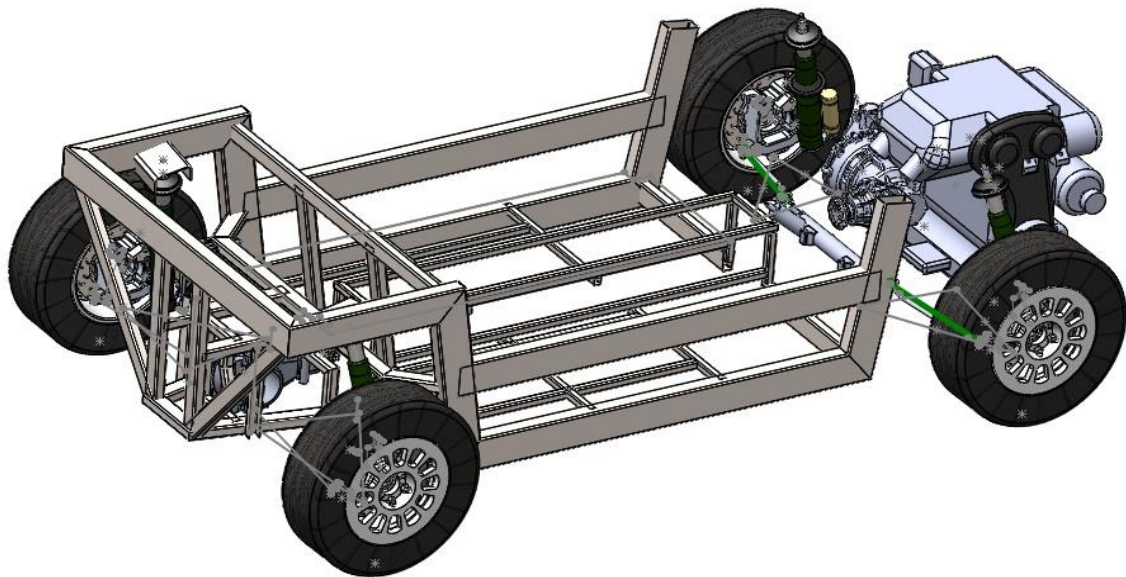
KUVA 10. Ensimmäisen katselmoinnin jälkeinen runkorakenne

Suunnittelutyö jatkui kallistuksenvakaajan kiinnityspalkin suunnittelulla, ja lisäksi suunniteltiin tukivarsien ja raidetankojen korvakot. Takaosan runkorakenteen suunnittelu perustuu yhtenäiseen, kompaktiin pakettiin, jossa kallistuksenvakaajalle tuleva kiinnityspalkki on yhtenäistä rakennetta koko takaosan runkorakenteen kanssa. Kallistuksenvakaajan palkiksi valittiin 60x40x3:n kokoinen suora-kaiteen muotoinen putkipalkki. Tukivarsien ja raidetangon korvakoiden palkeiksi valittiin 40x40x3:n U:n muotoinen palkki. Kuvassa 11 on takaosan runkorakenne, johon on mallinnettu tukivarsien ja raidetangon korvakot ja kallistuksenvakaajalle tuleva kiinnityspalkki.



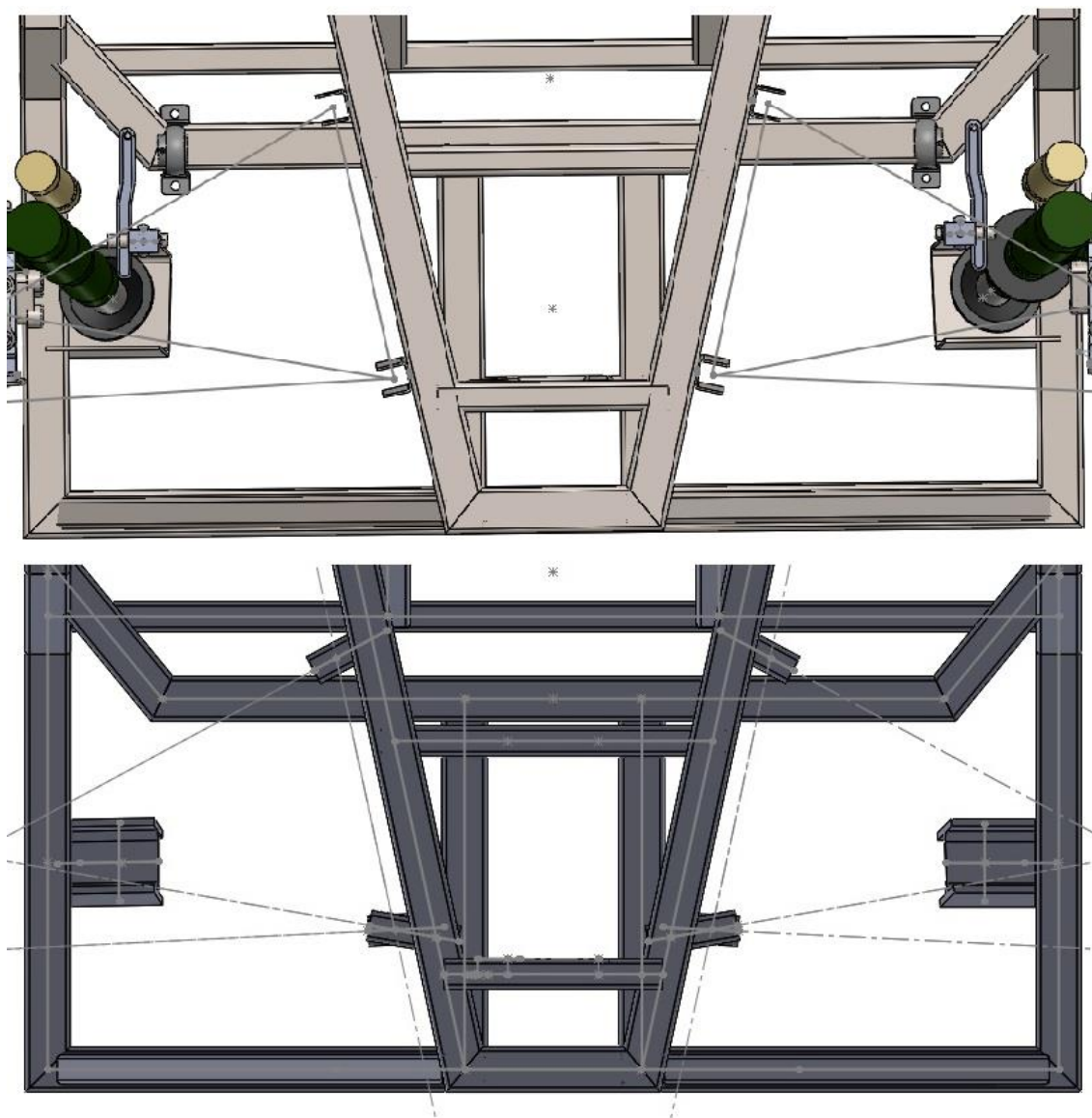
KUVA 11. Ensimmäinen versio takaosan runkorakenteesta

Keskirungolle suunniteltiin tukipalkit, jotka samalla toimivat tulevan penkin kiinnityksen kiinnityspalkkeina. Lisäksi vetopyörästäälle suunniteltiin kiinnityspalkit, joiden kiinnityspisteet otettiin aiemmasta 3D-kokoonpanomallista. Keskirungon tukipalkeiksi valittiin 30x30x3:n kokoinen neliön muotoinen putkipalkki. Vetopyörästäön palkeiksi valittiin 40x40x4:n kokoinen neliön muotoinen putkipalkki. Kuvassa 12 on ensimmäinen versio koko runkorakenteesta, joka myös esiteltiin toisessa katselmoinnissa Janne Ilomäelle ja Timo Väyryselle yhdessä Tapio Alasiuruan kanssa.



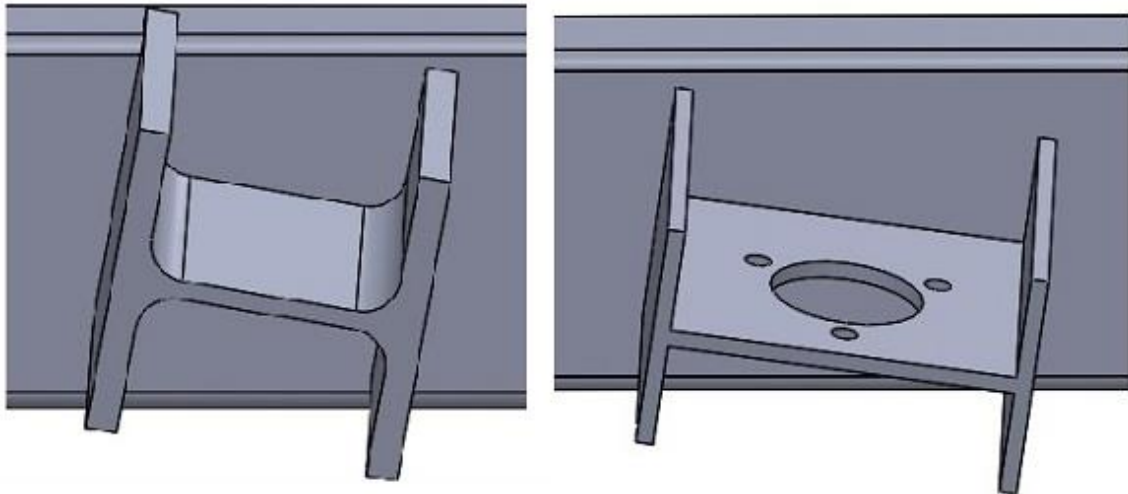
KUVA 12. Runkorakenteen ensimmäinen versio

Iskunvaimentimien yläpäiden korvakoiden malliksi valittiin I-palkki, koska korvakoista saadaan näin paljon tukevampia ja niihin saadaan enemmän hitsaus-
saumaa, kuin kuvassa 12 näkyvään U-palkkiin. Katselmoinnin jälkeen tuli tieto, että korvakoiden asento täytyi muuttaa niin, että korvakot tulevat kohtisuoraan tukivarsia ja raidetankoja vasten. Samalla korvakoiden U-palkki muutettiin suorakaideputkipalkiksi, tukivarsien putkipalkiksi valittiin 60x40x3:n kokoinen suorakaideputkipalkki ja raidetankojen korvakoiden putkipalkiksi valittiin 80x40x3:n kokoinen suorakaideputkipalkki. Kuvassa 13 näkyy, kuinka korvakoiden suuntaa muutettiin, jotta ne palvelisivat kaikista parhaiten tukivarsien ja raidetankojen liikkumista.



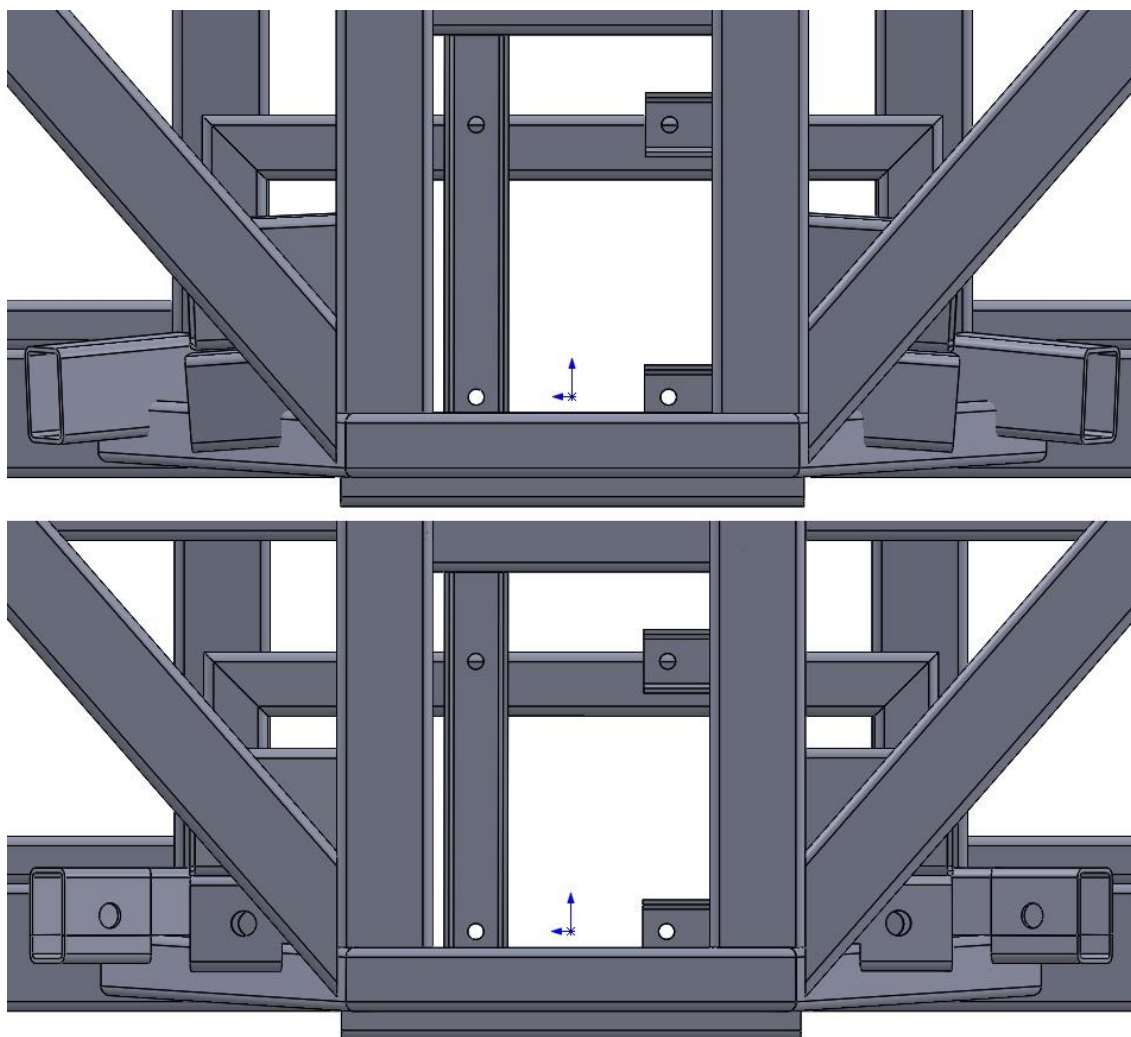
KUVA 13. Ylhäällä aiempi versio tukivarsien ja raidetankojen korvakoiden sijoituksesta, alhaalla uusi, muutettu versio korvakoista

Iskunvaimentimien yläpäiden korvakoiden muoto muutettiin I-palkista H-muotoiseksi, koska näin kappaleet voidaan valmistaa vesileikkurilla oikeaan muotoon, joka helpottaa korvakoiden valmistamista. I-palkin leikkaaminen oikeaan asentoon olisi ollut hankalampi valmistaa, kuin levyistä valmistettu H-muotoinen korvakko. Kuvassa 14 on iskunvaimentimien yläpäiden korvakoiden muodon muuttuminen.



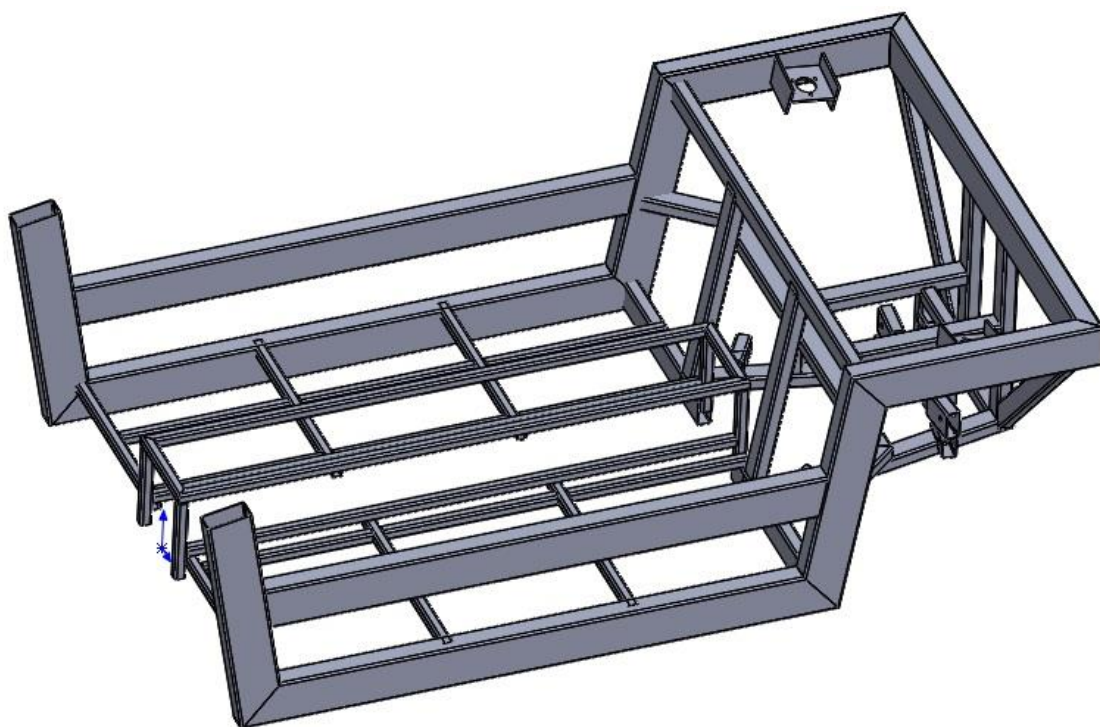
KUVA 14. Vasemmalla aiempi versio iskunvaimentajan yläpään korvakosta, oikealla uusi, muutettu versio iskunvaimentajan yläpään korvakosta

Iskunvaimentimien korvakoiden muutoksen jälkeen tehtiin muutoksia tukivarsien ja raidetankojen korvakoiden suuntaan, jotta korvakot olisivat helpompi valmistaa. Aiemmat korvakot olivat joka suunnassa tukivarsia ja raidetankoja mukailevia, joten päädyttiin laittamaan ne vaakasuoraan ja samalla huomattiin, ettei korvakoita tarvitse ollenkaan loveta, joten valmistuksessa säästytettiin yhdeltä toimenpiteeltä kokonaan. Aiempien korvakoiden kanssa oli ongelmana se, että iskunvaimentimen sisään jouston ääriasennossa tukivarret pääsivät ottamaan kiinni molempien raidetankojen korvakoihin. Samalla vetopyörästäön takapäähän kiinnityskorvakoita muutettiin yksinkertaisimmiksi valmistaa. Korvakoissa päädyttiin 40x40x3:n kokoiseen U-palkkiin, aiemman 40x40x3:n neliönmuotoisen putkipalkin sijaan. Kuvassa 15 on havainnollistava kuva korvakoiden suunnan muuttamisesta.



KUVA 15. Ylhäällä aiempi versio korvakoista, alhaalla uusi versio korvakoista

Viimeisin muutos runkorakenteeseen tehtiin keskirungon lattiaan. Putkien jaotus muutettiin symmetriseksi ja samalla putket suunniteltiin koko lattian alalle, koska tuleva lattia runkorakenteeseen tullaan tekemään vanerista painon säästämiseksi ja asennettavien komponenttien asentamisen helpottamiseksi. Päädettiin tekemään tarpeeksi tukeva runko, johon vaneri tullaan asentamaan. Ajatuksena lattian suunnittelussa ja lopullisessa muodossa oli myös se, että keskirunko olisi tarpeeksi luja, jotta se kestäisi alustadynamometrissä syntyviä voimia. Kuvassa 16 on viimeinen versio runkorakenteesta.



KUVA 16. Viimeinen versio runkorakenteesta

6 TULOKSET

Suunnittelutyön ohessa tehtiin erillinen projekti, missä suunniteltu runkorakenne valmistettiin (kuva 17). Lopputulokset vastasivat tavoitteita, koska työ onnistui ja valmis runkorakenne saatiin valmistettua työn tilaajalle.



KUVA 17. Valmis runkorakenne

Runkorakenteen vaatimuslista on esitetty taulukossa 1. Ensimmäisenä asiana oli runkorakenteen valmistettavuus. Tämä onnistui hyvin, koska runkorakenne on yksinkertainen ja samalla helposti valmistettavissa. Mitään vaikeita valmistustapoja ei suosittu, koska pääpaino suunnittelussa oli se, että se voidaan valmistaa Oulun ammattikorkeakoulun tiloissa ja laitteilla.

Runkorakenteen mitat vastasivat SolidWorksin 3D-kokoonpanomallin mittoja. Osakokoonpanot kokoonpanomallissa olisivat voineet olla tarkemmin mallinnettuja, koska suunnittelun edetessä huomattiin virheitä, jotka vaikuttivat runkorakenteen muotoiluun. Ongelmia havaittiin eturungon suunnittelussa, koska moottorin osakokoonpano oli mallinnettu isommaksi kuin olemassa oleva moottori oli. Moottorin osakokoonpano ehdittiin kuitenkin muokata ennen kuin valmistus oli aloitettu, mutta esimerkiksi vetopyörästästä mallinnettu osakokoonpano ei

vastannut oikeita mittoja, vaan se oli pienempi kuin olemassa oleva vetopyörästö. Tämä hankaloitti takarungon valmistusta, koska takarungon vetopyörästön kiinnityspalkkeja jouduttiin loveamaan, koska se oli suunniteltu pienemmälle vetopyörästölle. Mittojen ja korvakoiden paikkojen todentamisessa voi ilmetä ongelmia, jos mitat ja korvakoiden paikat eivät vastaa suunniteltua runkorakennetta.

Runkorakenne valmistettiin teräksestä niin kuin vaatimuslistassa asia määriteltiin, mutta kompromissi lattian materiaalista tehtiin myöhemmin. Alustavasti lattia ja niin sanottu paloseinä piti tehdä pellistä, mutta painon säästämiseksi lattian materiaaliksi valittiin vaneri. Ajoneuvon käyttämiselle oli vähimmäisvaatimuksena kuljettajalle paikka runkorakenteen keskiosassa. Runkorakenteen ollessa valmis asia varmistettiin sovittamalla penkki runkorakenteen keskiosaan.

Runkorakenteen komponentteja ei päästy runkorakenteeseen kokeilemaan muuta kuin vetopyörästön sovittamisella. Tässä huomattiin jo ongelma kuten aiemmassa luvussa käy ilmi. Suunnitteluprojekti runkorakenteelle ei pysynyt aikataulussa, koska kokoonpano muuttui suunnittelun aikana. Työn tavoitteet eivät ihan täytyneet, koska vedonvapauttimen korvakko ja sen kiinnittäminen jäi suunnittelematta aikataulun viivästymisen vuoksi.

Koko projektin eli suunnittelun ja valmistamisen yhteenlaskettu aikataulu myöhästivät 3 viikkoa lopullisesta määräajasta. Syy tähän myöhästymiseen oli kokoonpanon muuttuminen suunnittelun edetessä. Projektin ongelmakohtia oli pyöräntuennan kiinnityspisteiden, iskunvaimentimien asennon ja iskunvaimentimien kiinnityspisteiden muuttuminen. Muutokset jouduttiin tekemään valmistustyön ohessa eikä kyseiseen runkorakenteeseen ollut aikaa tehdä työpiirustuksia, jotka olisivat nopeuttanut runkorakenteen valmistamista.

Projektissa ei ilmennyt mitään uusia asioita projektityöskentelyyn ja ongelmat ratkaistiin tekemällä kompromisseja. Suurimpia kompromisseja tehtiin aikataulun suhteen, koska prototyypin piti olla valmis viikolla 10, mutta se valmistui viikolla 13.

Runkorakenteen jatkokehitysideana on aikataulun laatiminen, joka sisältää runkorakenteen todentamisen ja runkorakenteen komponenttien asentamisen aikataulun siitä, milloin runkorakenne valmis testaukselle, ja testaussuunnitelman. Testaussuunnitelmassa kerrotaan, mitä testejä suoritetaan ja mitä tuloksia halutaan testeistä, jotta Ultra-hanke etenisi aikataulussa.

Runkorakenteen voisi esimerkiksi todentaa Oulun ammattikorkeakoululta löytyvällä mittatangolla (15). Runkorakenteen todentamisella tarkoitetaan tukivarsien, raidetankojen, iskunvaimentimien ja vetopyörästön korvakoiden paikkojen tarkastamista ja niitä verrataan SolidWorksin 3D-kokoonpanomallin koordinaatistoon. Paikkojen todentamisen jälkeen voidaan miettiä, missä järjestyksessä osakokoonpanoja asennetaan runkorakenteeseen ja suunnitellaanko esimerkiksi joitakin holkkeja, jotta osakokoonpanot saadaan asennettua runkorakenteeseen.

Kun runkorakenne on valmis kokoonpano, suunnitellaan testaussuunnitelma runkorakenteelle, eli mitä komponentteja testataan ja minkälaisia testejä runkorakenteelle suoritetaan. Alustadynamometrillä voidaan suorittaa voimansiirtoon liittyvät testit ja testissä samalla nähdään voimansiirron komponenttien yhteensopivuus. Uutena asiana testeissä tulee olemaan KERS-järjestelmän (16) toimivuus ja sen hyödyntäminen voimansiirrosta. Lisäksi valmista runkorakennetta voidaan käyttää esimerkiksi tulevan Proto 1:n (4) mittapenkkinä, koska se on alustaltaan samanlainen kuin tuleva Proto 1.

7 YHTEENVETO

Työssä suunniteltiin testausalustan takaosan runkorakenne NRC-prototyyppiäution testausta ja kehittämistä varten. Tapio Alasiurua (3) suunnitteli runkorakenteen etuosan. Työn tavoitteena oli laatia työpiirustukset ja massaluettelot, jotta kyseinen runkorakenne voitaisiin valmistaa. Suunnittelussa otettiin huomioon ai-noastaan pyöräntuennan kinematiikka ja laboratoriomittauksissa voimansiirto-järjestelmään vaikuttavat voimat, koska sillä ei tulisi ajamaan virallisia testejä.

Suunnittelussa suurimpia ongelmia aiheutti kokoonpanon muuttuminen kesken projektin, mikä viivästytti aikataulua. Runkorakenne jouduttiin piirtämään kokoon uudelleen, kun aiemmin huomattuja virheitä alettiin korjata. Suurimpia muutoksia koko työn aikana oli pyörägeometrian kiinnityspisteiden ja iskunvaimentimen kiinnityspisteiden muuttuminen. Nämä muutokset vaikuttivat tukivarsien, raidetankojen ja iskunvaimentajien yläpäiden korvakoiden uudelleen suunnitteluun. Runkorakenteen korvakoille olisi voitu suunnitella muotit, joilla korvakot olisi saatu samaan kohtaan rungossa. Tämä olisi nopeuttanut työvaihetta, koska mittaus ja mittauksen mittavirheet olisi voitu minimoida hyvin pois.

Kokonaisaikataulussa jäätin vähemmän jälkeen kuin ensin oletettiin, koska suunnittelua pystyttiin tekemään samalla kun runkorakennetta valmistettiin. Tiukan aikataulun takia runkorakenteelle ei laskettu minkäänlaisia lujuuslaskelmia ja siksi runkorakenteen putkipalkit ovat suurehkot. Myös työpiirustukset ja massaluettelot jäivät tekemättä aikataulun takia.

Projekti ei ollut missään vaiheessa menossa sudenkuoppaan, vaan kaikki asiat saatiin katselmoinnissa selvitettyä. Lisäksi työn tilaajan edustaja Janne Ilomäki saatiin kiinni aina, kun oli jokin ongelmatilanne. Kokonaisuudessaan projekti oli onnistunut, koska projektiryhmä informoi keskenään hyvin.

Yhteistyö Tapio Alasiuruan kanssa toimi hyvin ja saumattomasti. Runkorakenne kehitettiin yhteistyössä aivoriihen perusteella eikä siihen käytetty minkäänlaista lähdeaineistoa. Runkorakenne ei olisi onnistunut suunnitella yksin, koska aikataulu oli tiukka ja suunnittelutyö olisi ollut laaja. Lisäksi suunnittelu olisi voinut päättyä helpommin johonkin ongelmatilanteeseen, jota ei välttämättä olisi voinut

yksin selvittää. Yhteistyö oli onnistunut, koska suunnitteluun liittyvistä ongelmista keskusteltiin koko ajan suunnittelun edetessä ja projekti saatiin suunniteltua ja valmistettua miltei määräajassa.

Runkorakenteen valmistuminen oli erittäin tärkeä koko Ultra-hankkeelle, koska käytännön testaaminen voidaan aloittaa heti, kun runkorakenteeseen on saatu valmistettua ja asennettua kaikki komponentit. Näin ollen Proto1:n tullessa Oulun ammattikorkeakoululle sille ei tarvitse tehdä enää komponenttien keskinäistä testaamista, vaan sillä voidaan aloittaa käytännön testaaminen.

LÄHTEET

1. NRC – National Rally Car. Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/fi/tutkimus-ja-kehitys/hankkeet/nrc-national-rally-car/>. Hakupäivä 27.4.2017.
2. Ultra-hanke – Uutta liiketoimintaa innovatiivisista järjestelmätason tuote- ja palveluratkaisuista. Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/fi/tutkimus-ja-kehitys/hankkeet/ultra/>. Hakupäivä 11.4.2017.
3. Alasiurua, Tapio 2017. NRC-prototyyppiauton testausalustan etuosan suunnittelu. Valmisteilla oleva opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
4. Prototyypit. Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/fi/tutkimus-ja-kehitys/hankkeet/ultra/prototyypit/>. Hakupäivä 4.5.2017.
5. Ulrich, Karl – Eppinger, Steven 2012. Product Desing and Development. Fifth Edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
6. Valmistusmenetelmät. SFSedu.fi. Saatavissa: <http://www.sfsedu.fi/aihealueet/kone-tuotanto-ja-materiaalitekniikka/valmistusmenetelmat>. Hakupäivä 21.4.2017.
7. Huotari, Matti 2016. Ralliauton eturungon ja apurungon suunnittelu. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/118922/Huotari_Matti.pdf?sequence=1. Hakupäivä 10.4.2017.
8. MIG/MAG-hitsaus. Esabin osaamiskeskus. Saatavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/mig-mag-hitsaus.cfm>. Hakupäivä 25.4.2017.
9. Aaltonen, Kalevi – Aromäki, Mauri – Ihalainen, Erkki – Sihvonen, Pentti 2007. Valmistustekniikka. 12. painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

10. TIG-hitsaus. Esabin osaamiskeskus. Saatavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/tig-hitsaus.cfm>. Hakupäivä 25.4.2017.
11. Katainen, Harri – Mäkinen, Armas 1988. Aineliitostekniikka. Porvoo: WSOY.
12. Autoteknillinen taskukirja. 2003. Suom. Autoalan Koulutuskeskus Oy. Robert Bosch GmbH. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus.
13. Ansaharju, Tapani 2010. Koneenasennus ja kunnossapito. 1.–2. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.
14. Itseporautuvat ruuvit. Hilti. Saatavissa: <https://www.hilti.fi/ruuvaustekniikka/itseporautuvat-ruuvit>. Hakupäivä 26.4.2017.
15. Autorobot EzCalipre - Elektroninen 2/3D-mittalaite. Autorobot. Saatavissa: <http://www.autorobot.fi/mittalaitteet/ezcalipre>. Hakupäivä 9.5.2017.
16. KERS (Kinetic Energy Recovery System). Magneti Marelli. Saatavissa: <http://www.magnetimarelli.com/excellence/technological-excellences/kers>. Hakupäivä 9.5.2017.